

**PENCEMARAN KADMIUM DI SEDIMEN WADUK SAGULING
PROVINSI JAWA BARAT**
(*Cadmium Pollution in Saguling Dam Sediment West Java Province*)

Eka Wardhani*, Dwina Roosmini, dan Suprihanto Notodarmojo
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganeca No 10, Bandung 40132.

*Penulis korespondensi. Tel: 081222676364. Email: ekw_wardhani@yahoo.com.

Diterima: 1 Maret 2016

Disetujui: 23 Juni 2016

Abstrak

Sungai Citarum Hulu merupakan sumber air utama Waduk Saguling. Kualitas air sungai ini telah mengalami penurunan bahkan terpantau beberapa logam berat terkandung dalam air Sungai Citarum. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pencemaran Cd di sedimen Waduk Saguling pada dua musim yang berbeda. Lokasi penelitian dilakukan di 10 titik di Waduk Saguling. Penelitian mengkaji perbedaan konsentrasi Cd pada Bulan Juli 2015 mewakili musim kemarau dan Bulan November 2015 mewakili musim hujan. Sedimen yang diperiksa merupakan sedimen permukaan pada kedalaman 0-10 cm pada dasar waduk. Konsentrasi Cd di sedimen dianalisis menggunakan ICP-MS. Tingkat pencemaran sedimen akibat Cd dinilai dengan menggunakan dua metode yaitu: faktor kontaminasi (*contamination factor*, CF) dan indeks pencemaran logam (*Metal Pollution Index*, MPI). Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi Cd dalam air selama satu dekade mulai tahun 2008-2014 cenderung mengalami peningkatan, dengan konsentrasi berkisar antara 0 mg/L-0,14 mg/L. Konsentrasi rata-rata Cd di sedimen Waduk Saguling pada Bulan Juli 2015 mewakili musim kemarau sebesar 13,54 mg/kg, sedangkan pada Bulan November 2015 mewakili musim hujan sebesar 21,08 mg/kg. Konsentrasi Cd di sedimen Waduk Saguling tidak memenuhi baku mutu kualitas sedimen berdasarkan baku mutu yang berlaku di Australia dan New Zealand mengingat Indonesia belum memiliki baku mutu kualitas sedimen yaitu sebesar 1,5 mg/kg. Hasil penilaian kualitas sedimen dengan menggunakan metode CF di semua titik penelitian di Waduk Saguling termasuk kategori terkontaminasi sangat tinggi sedangkan berdasarkan hasil penilaian dengan MPI kualitas sedimen Waduk Saguling termasuk kategori tercemar oleh logam berat Cd. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pengelolaan Waduk Saguling mengenai kondisi pencemaran logam berat yang telah terjadi di waduk tersebut.

Kata kunci: kadmium, kontaminasi, logam, Saguling, sedimen.

Abstract

Citarum river is the main water source for Saguling Dam. The river waters quality has decreased even observed some heavy metals contained in the water. The aims of this study to assess Cd contamination in Saguling sediments in two different seasons. Location of the study conducted at 10 points in Saguling. The study evaluated the differences concentration of Cd in July 2015 represents the dry season and November 2015 represents the rainy season. Surface sediments samples taken from 0-10 cm a depth. Cd concentrations in sediments were analyzed using ICP-MS. Sediment contamination level assessed using two methods which are Contamination Factor (CF), and Metal Pollution Index (MPI). Based on the research Cd concentration in water for a decade beginning in 2008-2014 tended to increase, with concentrations ranging from 0 mg/L-0.14 mg/L. Average concentrations of Cd in sediments Saguling in July 2015 represents the dry season was 13.54 mg/kg, while in November 2015 amounted to 21.08 mg/kg. Cd concentrations in Saguling sediments not meet the quality standards based on Australian and New Zealand standard of 1.5 mg/kg. Sediments quality assessment using the CF the category of very high contamination at all samples points in Saguling, while based on the MPI sediment quality Saguling polluted by heavy metals Cd. Results of this study can be considered for the management Saguling on the condition that heavy metal pollution occurs in the reservoir.

Keywords: cadmium, contamination, metal, sediment, Saguling.

PENDAHULUAN

Pencemaran baik di darat maupun perairan terus terjadi, salah satunya pencemaran logam berat yang kehadirannya sangat penting untuk diperhitungkan karena sifatnya yang sulit terurai,

persisten, dan dapat berakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat diperairan biasanya terdapat dalam konsentrasi rendah tetapi aktivitas manusia akan meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan sehingga menimbulkan masalah lingkungan yang harus segera di selesaikan (Luoma

dan Rainbow, 2008). Logam berat memasuki lingkungan perairan berasal dari proses alami dan aktivitas manusia. Pengayaan logam berat di lingkungan perairan terjadi melalui berbagai sumber yaitu: limbah industri, emisi dari aktivitas lalu lintas, limbah domestik, deposisi atmosfer dan lain-lain (Wei dan Yang, 2010). Selain dari aktivitas manusia sumber-sumber pencemaran logam berat alami yang penting adalah aktivitas gunung berapi, pelapukan batuan, dan kebakaran hutan (Sharma dkk., 2007).

Di negara berkembang, peningkatan pesat sektor pertanian dan industri memberikan kontribusi peningkatan kandungan logam berat di udara, air, dan tanah (Sharma dkk., 2007; Rahman dkk., 2010; Solaraj dkk., 2010). Lingkungan perairan seperti sungai, danau, dan lahan basah merupakan sistem yang paling berisiko terkena dampak pencemaran logam berat, sehingga pemahaman mengenai pencemaran logam berat di perairan merupakan topik yang menarik di berbagai daerah Asia (Sankar dkk., 2006; Fu dkk., 2013; Taweel dkk., 2013; Leung dkk., 2014).

Sedimen merupakan tempat akumulasi logam berat dalam ekosistem perairan. Logam berat akan terlepas dan menjadi sumber pencemaran di perairan tersebut. Sedimen memegang peranan penting dalam pergerakan dan akumulasi logam berat yang berpotensi menimbulkan dampak toksisitas terhadap biota (Taweel dkk., 2013). Penelitian mengenai penilaian kualitas sedimen terkait dengan kontaminasi logam berat telah banyak dilakukan, sebagai contoh penilaian kualitas sedimen di Sungai Yuan China (Wang dkk., 2015), Sungai Pearl China yang berdekatan dengan *Sanitary Landfill* (Sayadi dkk., 2015), Sungai Doce Brazil (Santolin dkk., 2015), Danau Taihu China (Liu dkk., 2015), dan Sungai Jiangsu China (Bo dkk., 2015). Sampai saat ini penilaian kualitas sedimen terkait pencemaran logam Cd di Waduk saguling belum dilakukan.

Penelitian ini meninjau pencemaran Kadmium (Cd) di sedimen Waduk Saguling. Logam ini merupakan bahan pembantu seperti industri pelapisan logam, PVC/plastik, dan baterai/aki. Cd juga dapat berasal dari pupuk fosfat, endapan sampah, limbah dari penggunaan batu bara dan minyak (Darmono, 1995). Cd termasuk dalam logam berat berbahaya berdasarkan PP Nomor 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Cd dapat membahayakan kesehatan manusia. Penyakit yang paling terkenal akibat keracunan Cd ini adalah penyakit itai-itai di sepanjang Sungai Jinzu, Jepang. Berkaitan dengan operasional PLTA yang terdapat di Waduk Saguling, Cd dapat meningkatkan laju korosi yang dapat mengganggu operasional PLTA Saguling,

sehingga dapat meningkatkan biaya pemeliharaan peralatannya. Mengingat Waduk Saguling berfungsi juga sebagai tempat untuk budidaya perikanan jaring terapung, air irigasi, serta direncanakan menjadi sumber air baku untuk wilayah Cekungan Bandung maka pencemaran Cd serta logam berat lainnya harus mendapat perhatian yang serius. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, Cd di perairan untuk kelas I peruntukkan air baku air minum tidak boleh melebihi 0,01 mg/L.

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan, maka dilakukan penelitian dengan judul Pencemaran Logam Berat Kadmium Di Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran nyata mengenai pencemaran logam berat yang terjadi sehingga dapat memberikan masukan untuk pengelola Waduk Saguling dalam mengambil langkah pengendalian pencemaran air yang tepat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Sedimen permukaan pada kedalaman sekitar 0-10 cm di dasar waduk pada sepuluh titik yang telah ditentukan diambil dengan menggunakan Eikman Grab Sampling. Koordinat dan lokasi titik sampling disajikan pada Tabel 1. Gambar 1 menjabarkan lokasi pengambilan titik sampling sedimen di Waduk Saguling. Pengambilan contoh sedimen dilakukan pada Bulan Juli 2015 mewakili musim kemarau dan Bulan November 2015 mewakili musim hujan.

Prosedur

Contoh sedimen diambil sekitar 2 kg dan secepatnya dimasukan ke dalam plastik polythen. Di laboratorium sedimen dikeringkan pada suhu 105 °C selama 8 jam selanjutnya digerus dalam mortar sampai halus. Selanjutnya contoh sedimen disaring dengan menggunakan saringan 200 µm.

Logam berat Cd dianalisis dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry* (ICP-MS). Metode ekstraksi dan analisis mengacu kepada *Standard Method for Examination Water and Wastewater 22nd edition* tentang *Metals by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)*. Berdasarkan acuan tersebut sebanyak 0,5 g sedimen dilarutkan dalam 15 mL air raja yaitu campuran dari asam nitrat dan asam klorida dengan perbandingan 3:1. Selanjutnya dipanaskan pada *waterbath* selama 8 jam sampai semua sedimen terlarut semua. Setelah dipanaskan dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas bebas abu. Air destilasi ditambahkan untuk pada

volumetrik flask berukuran 100 mL. Langkah terakhir yaitu memeriksa konsentrasi logam berat Cd dengan menggunakan ICP-MS yang terdapat di Laboratorium Pusat Pelayanan Basic Science Universitas Padjadjaran.

Penilaian Kualitas sedimen di Waduk Saguling dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu faktor kontaminasi (*Contamination Factor*, CF) dan indeks pencemaran logam (*Metal Pollution Index*, MPI). CF merupakan metode penilaian kualitas sedimen tunggal untuk satu lokasi sampling dengan persamaan:

$$CF = \frac{C_{Metal}}{C_{background}} \quad (1)$$

Di mana C_{metal} merupakan konsentrasi logam berat dalam sampel sedimen (mg/kg) dan $C_{background}$ adalah konsentrasi logam latar belakang (mg/kg) (Hakanson dkk., 1980). Metode ini membandingkan konsentrasi satu jenis logam berat di lokasi sampling dengan logam berat latar belakang. Konsentrasi logam berat latar belakang merupakan konsentrasi logam berat yang berasal

dari pelapukan batuan asli kerak bumi tanpa ada tambahan dari aktivitas antropogenik (Hakanson dkk., 1980). Perhitungan CF pada penelitian ini menggunakan konsentrasi logam berat latar belakang berdasarkan hasil penelitian di negara China di mana nilai konsentrasi latar belakang untuk Cd sebesar 0,42 mg/kg. Hasil dari perhitungan dengan metode CF ini dibandingkan dengan beberapa kelas tingkat pencemaran seperti disajikan pada Tabel 2.

MPI merupakan metode penilaian kualitas sedimen terkait pencemaran logam berat yang menggunakan data lebih dari satu titik sampling. Metode ini dikembangkan oleh Thomilson dkk (1970) dengan persamaan sebagai berikut:

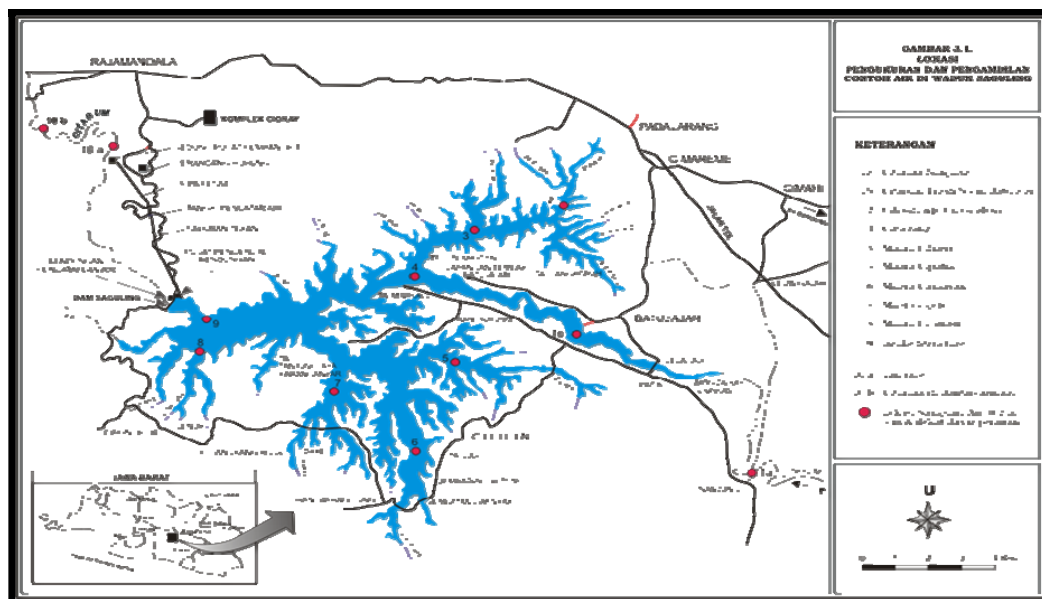
$$MPI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times CF_n)^{1/n} \quad (2)$$

Di mana n merupakan jumlah logam yang diteliti dan CF merupakan nilai faktor kontaminasi yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Metode MPI ini merupakan cara sederhana untuk menilai kualitas sedimen suatu perairan. Hasil dari perhitungan dengan metode MPI ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Lokasi titik sampling di Waduk Saguling.

No	Stasiun	Lokasi	Titik koordinat	
			Lintang Selatan	Bujur Timur
1	1A	Nanjung	06°56'29,8"	107°32'10,7"
2	1B	Sungai Citarum Trash Boom Batujajar	06°54'58,9"	107°28'32,3"
3	2	Cihaur Kampung Cipeundeuy	06°53'13,5"	107°28'32,3"
4	3	Cimaerang	06°53'13,4"	107°27'09,0"
5	4	Muara Cihaur Kampung Maroko	06°53'13,0"	107°25'54,4"
6	5	Muara Cipantik	06°56'07,6"	107°27'25,5"
7	6	Muara Ciminyak-lokasi perikanan jaring terapung	06°57'14,6"	107°26'03,8"
8	7	Muara Cijere	06°56'14,9"	107°24'50,8"
9	8	Muara Cijambu	06°56'00,4"	107°22'22,4"
10	9	Dekat Intake Structure	06°54'54,4"	107°22'26,3"

Sumber: Hasil analisis., 2015.



Gambar 1. Lokasi pengambilan titik sampling.

Tabel 2. Kelas penilaian kualitas sedimen dengan CF.

Nilai CF	Tingkat pencemaran
$CF < 1$	Rendah
$1 \leq CF \leq 3$	Sedang
$3 \leq CF \leq 6$	Tinggi
$CF > 6$	Sangat tinggi

Sumber: Hakanson dkk., 1980.

Tabel 3. Kelas penilaian kualitas sedimen dengan MPI.

Nilai MPI	Tingkat pencemaran
0	Tidak tercemar
= 1	Tingkat perbatasan
>1	Tercemar

Sumber: Thomilson dkk., 2009.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Pencemar Logam Berat Cd

Sungai Citarum Hulu merupakan sumber air utama Waduk Saguling. Waduk tersebut berfungsi sebagai Pembangkit Listrik tenaga Air (PLTA), air irigasi, perikanan jaring terapung, dan sumber air baku untuk kebutuhan domestik dan industri (Anonim, 2014). Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu merupakan kawasan Cekungan Bandung yang meliputi Kota Bandung, Kota Cimahi, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat dan 3 Kecamatan di Kabupaten Sumedang. Kegiatan antropogenik di DAS Citarum Hulu sangat beragam dari mulai domestik, non domestik, industri, pertanian, peternakan, dan pertambangan. Limbah dari semua kegiatan tersebut akhirnya masuk ke Sungai Citarum Hulu dan bermuara di Waduk Saguling.

Berdasarkan hasil pengumpulan data sekunder konsentrasi logam berat Cd yang terdapat di air Sungai Citarum cenderung mengalami peningkatan dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2014. Konsentrasi tertinggi terdapat di Nanjung. Konsentrasi Cd dari tahun 2008 sampai 2014 berturut-turut yaitu: 0,042; 0,058; 0,037; 0,020; 0,007; 0,136; dan 0,094 mg/L. Konsentrasi tertinggi terjadi pada tahun 2013 sebesar 0,136 mg/L dan konsentrasi terendah terjadi pada tahun 2012 sebesar 0,007 mg/L. Kurun waktu 2008 sampai 2014 hanya pada tahun 2012 yang memenuhi baku

mutu pada tahun lainnya tidak memenuhi baku mutu yang disyaratkan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Logam berat Cd di perairan untuk kelas I peruntukan air baku air minum tidak boleh melebihi 0,01 mg/L.

Logam berat Cd dihasilkan dari industri logam, elektronik, kimia, farmasi, dan cat. Jumlah industri yang diduga penghasil logam berat Cd yang terdapat di Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kota Cimahi, dan Kota Bandung disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut Kabupaten Bandung merupakan pusat perindustrian di DAS Citarum Hulu karena sebagian besar berada di wilayah ini diikuti oleh Kota Cimahi, Kabupaten Bandung Barat, dan Kota Bandung (Anonim, 2012).

Potensi beban pencemaran Cd di Sungai Citarum dihitung dengan menggunakan konsentrasi logam berat Cd dan debit air yang terukur di Sungai Citarum bagian Nanjung yang merupakan inlet masuk ke Waduk Saguling. Data debit Sungai Citarum Hulu 2014 pada pengukuran bulan Juli, September, dan Oktober masing-masing adalah 141, 36, dan 44 m³/detik. Berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran logam berat Cd yang diprediksi masuk ke Waduk Saguling dan mengalami akumulasi di dalam waduk tersebut pada tahun 2014 pada pengukuran bulan Juli, September, dan Oktober masing-masing adalah 512, 134, dan 161 kg/hari.

Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air. Beban pencemar Cd yang terkandung dalam air sungai Citarum Hulu akan mempengaruhi konsentrasi logam berat tersebut di Waduk Saguling. Konsentrasi Cd di Waduk Saguling harus dipantau mengingat fungsi dari waduk ini yaitu sebagai areal budidaya jaring terapung, irigasi pertanian, serta air baku air minum sangat berhubungan dengan kesehatan masyarakat.

Konsentrasi Cd di Air Waduk Saguling

Waduk Saguling merupakan salah satu waduk buatan yang membendung aliran Sungai Citarum, selain Waduk Jatiluhur dan Cirata. Waduk Saguling

Tabel 4. Sebaran industri di DAS Citarum Hulu.

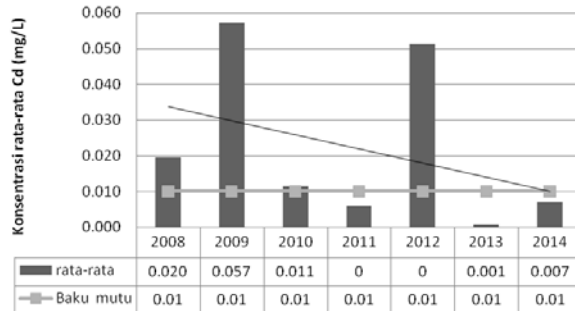
Jenis industri	Kabupaten Bandung	Kota Bandung	Kota Cimahi	Kabupaten Bandung Barat
Logam	42	1	9	4
Elektronik	4	0	0	1
Kimia	7	1	3	4
Farmasi	14	2	3	2
Cat	3	0	2	3
Jumlah	70	4	17	14

Sumber: Anonim, 2012.

Tabel 5. Karakteristik Waduk Saguling.

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Luas waduk (\pm 643 m)	5.607	ha
2	Panjang maksimal	18,4	km
3	Lebar rata-rata	3,0	km
4	Kedalaman maksimal	90	m
5	Kedalaman rata-rata	17,5	m
6	Volume maksimal	982	$\times 10^6$ m ³
7	Wilayah tampung (watershed area)	2.315	km ²

Sumber: Anonim, 2014.



Gambar 2. Konsentrasi Cd rata-rata dari 12 titik pantau di air Waduk Saguling.

terletak di Kabupaten Bandung Barat, dan berada di posisi teratas, yang berarti merupakan pintu pertama bagi aliran Sungai Citarum. Karakteristik Waduk Saguling disajikan pada Tabel 5.

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat Cd menunjukkan rentang nilai 0,00-0,139 mg/L. Hasil pemantauan logam berat Cd disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 tahun 2014 konsentrasi logam berat Cd hanya di lokasi titik pemantauan 1A yaitu Sungai Citarum-Nanjung yang tidak memenuhi baku mutu, demikian pula pada tahun 2013, dan 2011. Tahun 2012 titik pantau 6 di Muara Ciminyak-lokasi perikanan jaring terapung konsentrasi logam berat Cd tidak

memenuhi baku mutu. Tahun 2010 di titik 5 yaitu titik pantau di Muara Cipatik, tahun 2009 di titik 9 titik pantau di dekat *Intake Structure*, dan tahun 2008 di titik 8 titik pantau di Muara Cijambu. Rata-rata konsentrasi logam berat Cd di setiap titik pemantauan dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2014 tidak memenuhi baku mutu hanya di titik pantau 1B titik pantau di Sungai Citarum *Trash Boom* Batujajar yang memenuhi baku mutu. Titik pantau 8 di Muara Cijambu merupakan daerah dengan konsentrasi logam berat Cd tertinggi mencapai 0,038 mg/L. Gambar 2 menyajikan profil konsentrasi rata-rata logam berat Cd di Waduk Saguling. Jika ditinjau dari nilai rata-rata 12 titik pantau konsentrasi logam berat Cd di Waduk Saguling berfluktuasi tetapi cenderung mengalami penurunan dari tahun 2008-2014. Konsentrasi tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebesar 0,057 mg/L dan konsentrasi terendah terjadi pada tahun 2013 yaitu sebesar 0,001 mg/L. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa hal pertama terjadi proses pengendapan logam berat di sedimen sehingga tidak terukur.

Konsentrasi Cd di Sedimen Waduk Saguling

Terdapat perbedaan yang cukup tinggi antara konsentrasi logam berat di Waduk Saguling pada pengukuran Bulan Juli 2015 mewakili musim kemarau dan Bulan November 2015 mewakili musim hujan. Rata-rata konsentrasi logam berat Cd Bulan Juli sebesar 13,54 mg/kg dengan konsentrasi Cd berkisar antara 10,69-16,65 mg/kg. Pada pengukuran bulan November pada tahun yang sama mencapai 21,08 mg/kg dengan konsentrasi Cd berkisar antara 18,64-23,25 mg/kg.

Konsentrasi logam berat Cd yang terkandung di sedimen permukaan Waduk Saguling di dua musim yang berbeda termasuk kategori tinggi

Tabel 6. Konsentrasi Cd di air Waduk Saguling tahun 2008-2014.

Tahun	Konsentrasi (mg/L)											
	1A	1B	2	3	4	5	6	7	8	9	10A	10B
2014	0,080*	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2013	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,004	0,003	0,052*	0,059*	0,064*	0,056*	0,124*	0,052*	0,052*	0,052*	0,048*	0,048*
2011	0,035*	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,010	0,001	0,001	0,002
2010	0,001	0,003	0,039*	0,009	0,011*	0,017*	0,016*	0,013*	0,016*	0,004	0,003	0,005
2009	0,000	0,003	0,106*	0,084*	0,072*	0,052*	0,092*	0,053*	0,048*	0,112*	0,040*	0,022*
2008	0,001	0,003	0,004	0,005	0,009	0,008	0,012*	0,009	0,139*	0,023*	0,006	0,015*
Rata-Rata	0,018*	0,003	0,029*	0,023*	0,023*	0,019*	0,035*	0,019*	0,038*	0,028*	0,014*	0,013*

Sumber: Pengolahan data (Anonim, 2014).

Keterangan: Baku Mutu Cd: 0,01 mg/L *tidak memenuhi baku mutu berdasarkan peraturan pemerintah No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

karena tidak memenuhi baku mutu sebesar 1,5 mg/kg berdasarkan baku mutu yang berlaku di Australia dan Selandia Baru (Anonim, 2000). Sampai saat ini Indonesia belum menentukan baku mutu kualitas sedimen sehingga penelitian ini menggunakan baku mutu dari negara Australia dan Selandia Baru sebagai pembanding.

Pengukuran Bulan Juli 2015 konsentrasi logam berat Cd tertinggi terdapat di lokasi penelitian 1B yaitu Sungai Citarum *Trash Boom* Batujajar sebesar 16,65 mg/kg dan terendah di lokasi penelitian 7 yaitu di muara Cijere sebesar 10,69 mg/kg. Konsentrasi logam berat Cd dari tertinggi ke terendah yaitu: 1B > 4 > 1A > 8 > 2 > 6 > 3 > 9 > 5 > 7. Pengukuran Bulan November 2015 konsentrasi logam berat Cd tertinggi terdapat di lokasi penelitian 1A yaitu Sungai Citarum Nanjung sebesar 23,25 mg/kg dan terendah di lokasi penelitian 8 Muara Cijambu dengan konsentrasi sebesar 18,64 mg/kg. Konsentrasi logam berat Cd dari tertinggi ke terendah yaitu: 1A > 1B > 4 > 5 > 2 > 3 > 7 > 9 > 6 > 8. Konsentrasi Logam berat Cd pada dua musim yang berbeda di Waduk Saguling disajikan pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil studi literatur sebagai bahan perbandingan pada Tabel 8 disajikan konsentrasi logam berat Cd dalam sedimen danau di beberapa negara. Jika dibandingkan dengan negara lain maka konsentrasi logam berat Cd di Waduk Saguling relatif tinggi.

Penilaian Kualitas Sedimen Waduk Saguling

Penilaian kualitas sedimen merupakan suatu metode yang sangat berguna dalam mempelajari pencemaran logam berat di perairan. Peningkatan konsentrasi logam berat dalam sedimen yang terjadi di bagian dasar kolom air dapat menjadi indikator yang menunjukkan terjadinya pencemaran akibat dari kegiatan manusia dibanding pengayaan sedimen secara alami melalui pelapukan geologi (Yin dkk., 2008).

Prediksi pengayaan sedimen oleh unsur logam berat dapat dihitung dengan berbagai metode seperti CF dan MPI. Nilai CF menyatakan berapa kali konsentrasi logam berat dalam sedimen melebihi konsentrasi normalnya dan memberikan suatu indikasi tingkat toksisitas dari logam berat tersebut (Priju dan Narayana dkk., 2006).

Penilaian kualitas sedimen terkait pencemaran logam berat Cd memerlukan nilai konsentrasi latar belakang (*background*) logam berat. Istilah "*geochemical background*" pertama kali diperkenalkan oleh ahli eksplorasi geokimia di pertengahan abad ke 20 untuk membedakan antara kelimpahan elemen yang tidak termineralisasi dengan yang termineralisasi dari formasi batuan. Beberapa dekade terakhir ini "*geochemical background*" menjadi salah satu istilah yang penting dalam ilmu lingkungan. *Geochemical background* dipergunakan untuk membedakan pencemaran yang terjadi di lingkungan apakah

Tabel 7. Konsentrasi Cd pada dua musim yang berbeda di sedimen Waduk Saguling.

Lokasi	Konsentrasi Cd (mg/kg)	
	Juli 2015 Mewakili musim kemarau	November 2015 Mewakili musim hujan
1A	15,64	23,25
1B	16,65	22,92
2	13,27	20,92
3	12,86	20,62
4	16,05	22,90
5	11,31	22,00
6	12,88	19,15
7	10,69	20,61
8	13,36	18,64
9	12,70	19,81
Rerata	13,54	21,08
Baku Mutu*	1,5	

Keterangan: * Anonim, 2000.

Tabel 8. Konsentrasi logam berat di sedimen danau di beberapa negara.

No	Nama danau	Konsentrasi Cd (mg/kg)	Sumber
1	Texoma, Amerika Serikat	2,00	Yin dkk. (2011)
2	Taihu, China	0,94	Yin dkk. (2011)
3	Songkhla, Thailand	0,10-2,40	Pradit dkk. (2010)
4	Laguna Philipina	0,02-0,09	Pradit dkk. (2010)
5	Veeranam, India	0,81	Puttaiah dan Kiran (2008)
6	Chaohu, China	0,92	Zheng dkk. (2010)
7	Jannapura, India	1,90	Puttaiah dan Kiran (2008)
8	Manchar, Pakistan	4,90-9,70	Arain dkk. (2008)
9	Vembanad, India	1,00-4,00	Prinju dan Narayana (2006)
10	Balaton, Hongaria	0,10-0,70	Nguyen dkk. (2005)
11	Victoria, Tanzania, Africa	2,50	Kishe dan Machiwa (2003)
12	Waduk Saguling (Juni)	10,69-16,65	Hasil penelitian (2015)
	Waduk Saguling (November)	18,64-23,25	

sumber pencemar berasal dari aktivitas manusia atau dari gejala alam (*geogenic* dan/atau *biogenic*) (Wei dan Yang, 2010). Proses adaptasi *geochemical background* dalam ilmu lingkungan menghasilkan arti dan aplikasi yang lebih luas. Saat ini *geochemical background* diaplikasikan tidak hanya untuk batuan, mineral, dan sedimen tetapi juga untuk air dan udara (Wei dan Yang, 2010).

Geochemical background merupakan konsentrasi logam yang berasal dari pelapukan batuan asli kerak bumi tanpa ada tambahan dari aktivitas antropogenik. Evaluasi *geochemical background* merupakan hal penting karena menghasilkan dampak untuk penilaian resiko lingkungan dan penentuan peraturan terkait rona lingkungan awal suatu pencemaran unsur (Wei, 2010). Pada tabel 9 disajikan konsentrasi latar belakang Cd di sedimen.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai CF untuk mengetahui kualitas sedimen di Waduk Saguling akibat pencemaran logam berat Cd (Tabel 10), untuk Bulan Juli 2015 berkisar antara 31,43-48,96 dengan kategori sangat tinggi. Bulan November 2015 nilai CF berkisar antara 54,83-68,38 dengan

kategori sangat tinggi. Makna dari nilai tersebut berarti kualitas sedimen Waduk Saguling di titik 1A sampai 9 baik pada musim hujan maupun kemarau telah tercemar sangat tinggi oleh logam berat Cd. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas sedimen buruk karena telah tercemar sangat tinggi oleh logam berat Cd.

Berdasarkan perhitungan nilai MPI (Tabel 11), kualitas sedimen di Waduk Saguling pada Bulan Juli dan Bulan November 2015 termasuk kategori tercemar logam berat Cd. Jika dibandingkan dengan penelitian sejenis yang telah dilakukan di beberapa negara terlihat bahwa kualitas sedimen Waduk Saguling lebih buruk dibanding negara lain. Kualitas sedimen yang telah tercemar Cd harus menjadi bahan pertimbangan pengelola waduk karena Cd yang terikat di sedimen akan terlepas dan menjadi pencemar bagi perairan tersebut.

Upaya pengelolaan yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cd di Waduk saguling yaitu dengan melakukan penurunan konsentrasi dari sumbernya. Identifikasi dan inventarisasi sumber pencemar logam berat Cd

Tabel 9. Konsentrasi latar belakang Cd di sedimen.

Lokasi	Konsentrasi (mg/kg)	Sumber
Berdasarkan elemen yang terkandung pada kerak bumi	0,30	Wedepohl (1995)
Rata-rata dalam tanah	0,06-1,10	Mc Bride (1994)
Sedimen Sungai Pasvik Rusia,	0,66 ± 0,69	Dauvalter dan Rognerrud, (2001)
Sedimen Sungai Asopos Yunani	0,075	Botsou dkk., (2011)
Sedimen Danau Dianchi, China	0,42	Ren-Ying dkk., (2007)

Tabel 10. Hasil penilaian kualitas sedimen Waduk Saguling dengan CF.

Lokasi	Juli 2015		November 2015	
	Nilai CF	Kategori CF	Nilai CF	Kategori CF
1A	46,00	Sangat tinggi	68,38	Sangat tinggi
1B	48,96	Sangat tinggi	67,42	Sangat tinggi
2	39,01	Sangat tinggi	61,52	Sangat tinggi
3	37,82	Sangat tinggi	60,64	Sangat tinggi
4	47,19	Sangat tinggi	67,35	Sangat tinggi
5	33,25	Sangat tinggi	64,71	Sangat tinggi
6	37,88	Sangat tinggi	56,32	Sangat tinggi
7	31,43	Sangat tinggi	60,61	Sangat tinggi
8	39,28	Sangat tinggi	54,83	Sangat tinggi
9	37,34	Sangat tinggi	58,27	Sangat tinggi
Rata-rata	39,82	Sangat tinggi	62,01	Sangat tinggi

Sumber: Hasil analisis, 2015.

Tabel 11. Nilai MPI perairan di beberapa negara.

No	Daerah penelitian	Nilai MPI	Kategori MPI	Sumber
1	Sungai Nakivubo, Kampala, Uganda	1,09-3,87	Tercemar	Sekabira (2010)
2	Sungai Buriganga Bangladesh	13,5 (<i>summer</i>) 15,5 (<i>winter</i>)	Tercemar	Mohiuddin (2011)
3	Sungai Tigris Turki	1,88	Tercemar	Varol (2011)
4	Perairan Pulauangka Indonesia	0,44	Tidak tercemar	Fasmi (2013)
5.	Waduk Saguling			
	Juli 2015	15,00	Tercemar	Hasil penelitian, 2015
	November 2015	15,00	Tercemar	Hasil penelitian, 2015

Sumber: Hasil studi pustaka dan analisis, 2015.

harus dilakukan supaya tergambar dengan pasti dari mana asal logam berat tersebut. Kegiatan pemantauan industri penghasil limbah Cd harus dilakukan oleh instansi terkait. Selain itu kegiatan sosialisasi dan penyuluhan mengenai proses pengolahan air yang mengandung logam berat harus dilakukan untuk meningkatkan pemahaman dari pelaku industri mengenai dampak pencemaran logam tersebut terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

KESIMPULAN

Satu dekade terakhir Sungai Citarum sebagai sumber air utama Waduk Saguling telah tercemar oleh logam berat Cd. Logam berat tersebut terakumulasi di sedimen waduk yang menyebabkan kualitas sedimen menurun. Logam berat dapat bergerak dari sedimen ke komponen ekosistem lainnya dalam waduk seperti air, tanaman, dan binatang sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan jika logam berat tersebut masuk sistem rantai makanan. Konsentrasi logam berat Cd yang melebihi baku mutu dapat menyebabkan dampak yang penting terhadap kesehatan masyarakat, oleh sebab itu sangat penting untuk direncanakan strategi dan program untuk memantau dan menurunkan konsentrasi logam berat di Waduk Saguling.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1999. *Peraturan Pemerintah Tentang: Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2000. *ANZECC Interm Sediment Quality Guidelines Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist Sydney, Australia: ANZECC ISQG-Low*. Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council, Brisbane.
- Anonim, 2001. *Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2005. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. 21 edition. American Public Health Association. Washington DC.
- Anonim, 2011. *Laporan Pemantauan Kualitas Lingkungan Kabupaten Bandung 2011*. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung, Bandung.
- Anonim, 2012. *Direktori Perusahaan*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2013. *Data SLHD Kota Bandung*. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kota Bandung, Bandung.
- Anonim, 2014. *Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkit Saguling Laporan Hasil Pemantauan Kualitas Air Waduk Saguling tahun 2014*. Pembangkit Listrik Negara Republik Indonesia, Bandung.
- Arain, M.B., Kazi, T.G., Jamli, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., dan Shah, A., 2008. Total Dissolved and Bioavailable Elements in Water and Sediment Samples and Their Accumulation in *Oreochromis mossambicus* of Polluted Manchar Lake. *Chemosphere*, 70:1845-1856.
- Botsou, F., Karageorgis, A.P., Dassenakis, E.M., dan Scoullos, M., 2011. Assessment of Heavy Metal Contamination and Mineral Magnetic Characterization of The Asopos River Sediments (Central Greece). *Marine Pollution Bulletin*, 62:547-563.
- Bo, B., Wu, H.S., dan Zhou, L.J., 2015. Contamination and Risk Assessment of Heavy Metals in Soils Irrigated With Biogas Slurry: A Case Study of Taihu Basin; *Environmental Monitoring Assessment*, 187:155.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dauvalter, V., dan Rognerrud, S., 2001. Heavy Metal Pollution in Sediments of The Pasvik River Drainage. *Chemosphere*, 42:9-18.
- Fasmi, A., 2013, *Distribusi dan Prediksi Tingkat Pencemaran Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni) dalam Sedimen di Perairan Pulau Bangka Menggunakan Indeks Beban Pencemaran dan Indeks Geoakumulasi*. Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fu, J., Hu, X., Tao, X., Yu, H., dan Zhang, X., 2013. Risk and Toxicity Assessments of Heavy Metals in Sediments and Fishes from the Yangtze River and Taihu Lake, China. *Chemosphere*, 93:1887-1895.
- Sekabira, K., Oryem, O.H., Basamba, T.A., Mutumba, G., dan Kakudidi, E., 2010. Assessment of Heavy Metal Pollution in The Urban Stream Sediment and Its Tributaries. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(3):435-446.
- Hakanson, L., 1980. Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control. A Sedimentological Approach. *Water Res.*, 14(5):975-1001.

- Hawkes, H.E., dan Webb, J.S., 1962. *Geochemistry in Mineral Exploration*, Harper, New York.
- Kishe, M.A., dan Machiwa, J.F., 2003. Distribution of Heavy Metals in Sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. *Environ. Int.* 28:619-625.
- Mohiuddin, K.M., Ogawa, Y., Zakir, H.M., Otomo, K., dan Shikazono, N., 2011. Heavy Metals Contamination in Water and Sediment of an Urban River in a Developing Country, *Int. J. Environ. Sci Tech*, 8(4):723-736.
- Leung, H.M., Leung, A.O.W., Wang, H.S., Ma, K.K., Liang, Y., Ho, K.C., Cheung, K.C., Tohidi, F., dan Yung, K.K.L., 2014. Assessment of Heavy Metals/Metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) Concentrations in Edible Fish Species Tissue in the Pearl River Delta (PRD), *China. Mar. Pollut. Bull.*, 78:235-245.
- Liu, Y., Yuke, P., Dongmei, Y., Qian, Y., dan Lin, X., 2015. Assessment of Heavy Metal Enrichment, Bioavailability, and Controlling Factor in Sedimen in Taihu Lake, China. *Soil and Sediment Contamination*, 24:262-275.
- Luoma, S.N., dan Rainbow, P.S., 2008. *Metal Contamination in Aquatic Environment: Science and Lateral Management*, Cambridge, New York, 573 pp.
- Mc Bride, M.B., 1994. *Environmetal Chemistry of Soils*. Oxford University Press. New York 406.pp.
- Varol, M., 2011. Assessment of Heavy Metal Contamination in Sediments of The Tigris River (Turkey) Using Pollution Indices and Multivariate Statistical Techniques. *Journal of Hazardous Material*, 195:355-364.
- Nguyen, H.L., Leemakers, M., Kurunczi, S., Boza, L., dan Baeyens, M., 2005. Mercury Distribution and Speciation in Lake Balaton, Hungary. *Sci. Total Environ.*, 340:231-246.
- Pradit, S., Wattayakorn, G., Angsupanich, S., Baeyens, W., dan Leemakers, M., 2010. Distribution of Trace Element in Sediments and Biota of Songkhla Lake. Southern Thailand. *Wat. Air. Soil Pollut*, 206:155-174.
- Prinju, C.P., dan Narayana, A.C., 2006. Spatial and Temporal Variability of Trace Element Contents in Tropical Lagoon, Southwest Coast of India: Environmental Implications. *J. Coas. Res.* 39:1053-1057.
- Puttaiah, E.T., dan Kiran, B.H., 2008. Heavy Metal Tranport in a Sewage Feb Lake of Karrataka, India. In: *Proceedings of Taal 2007. The 12 th Lake Conference*, pp.347-354.
- Sankar, T.V., Zynudheen, A.A., Anandan, P.G., dan Viswanathan, N.P.G., 2006. Distribution of Organo Chlorine Pesticides and Heavy Metal Residues in Fish and Shell Fish from Calicut Region, Kerala, India. *Chemosphere*, 65:583-590.
- Santolin, C., Ciminelli, V.A., Virginia, S.T., Clesia, N.C., dan Claudia, W.C., 2015. Distribution and Environmental Impact Evaluation of Metals in Sediment from the Doce River Basin, Brazil. *Environ. Earth Sci.* , 74(2):1235-1248.
- Sayadi, M.H., Rezaei, M.R., dan Rezaei, A., 2015. Sediment Toxicity and Ecological Risk of Trace Metals from Streams Surrounding a Municipal Solid Waste Landfill. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 94(5):559-63.
- Sharma, R.K., Agrawal, M., dan Marshall, F., 2007. Heavy Metal Contamination of Soil and Vegetables in Sub Urban Areas of Varanasi, India. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 66:258-266.
- Solaraj, G., Dhanakumar, S., Murthy, K.R., dan Mohanraj, R., 2010. Water Quality in Select Regions of Cauvery Delta River Basin, Southern India, with Emphasis on Monsoonal Variation. *Environ. Monit. Assess.*, 166:435-444.
- Rahman, M.S., Molla, A.H., dan Arafat, S.M.Y., 2010. Status of Pollution Around Dhaka Export Processing Zone and Its Impaction Bangshi River Water, Bangladesh. *J. Nat. Sci. Sustain. Technol.*, 4:91-110.
- Ren-Ying, L., Har, Y., Zhi-Gao., Jun-Jie, L., Xiao-Hua, S., dan Feng, J., 2007. Fractionation of Heavy Metal in Sediment from Dianchi Lake China. *Phedosphere*, 17:265-272.
- Taweel, A., Othman, M.S., dan Ahmad, A.K., 2013. Assessment of Heavy Metals in Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*) from The Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and Evaluation of the Health Risk from Tilapia Consumption. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 93:45-51.
- Thomilson, D.C., Wilson, J.G., Harris, C.R., dan Jeffery, D.W., 1980. Problems in The Assessment of Heavy Metals Levels in Estuaries and The Formation of a Pollution Index, *Helgol. Wiss. Meeresunters*, 33(1-4):566-575.
- Wang, Z., Sun, R., Zhang, H., dan Liding, C., 2015. Analysis and Assessment of Heavy Metal Contamination in Surface Water and Sediment: A Case Study from Luan River, Northern China. *Front Environ. Sci. Eng.* 9(2):240-249.
- Wei, B., dan Yang, L., 2010. A Review of Heavy Metal Contaminations in urban Soils, Urban

- Road Dust Sand Agricultural Soils from China. *Microchem. J.*, 94:99-107.
- Wedepohl, K.H., 1995. The Composition of The Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59:1217-1232.
- Yin, H., Gao, Y., dan Fan, C., 2011. Distribution, Sources and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments from Lake Taihu, China. *Environ. Res.*, 6(4):1-11.
- Zheng, L.G., Liu, G.J., Kang, Y., dan Yang, R.K., 2010. Some Potensial Hazardous Trace Elements Contaminations and Their Ecological Risk in Sediment of Western Chaohu Lake, China, *Environ. Monit. Assess.*, 166:379-386.